

مکان‌یابی محل دفن زباله با به کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش TOPSIS (مطالعه موردی: شهرستان گلپایگان)

مژگان میرزایی^{۱*}، عبدالرسول سلمان ماهینی^۲، سیدحامد میرکریمی^۳
۱. کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۲/۱۵)

چکیده

محل دفن مواد زائد می‌تواند به‌طور بالقوه بر محیط اطراف اثرات منفی و زیان‌بار زیادی در ابعاد سلامت جامعه، اقتصادی و محیط‌زیستی داشته باشد. بنابراین، ارزیابی گسترده‌ای برای استقرار محل دفن مورد نیاز است تا بهترین مکان دفن شناسایی شود. هدف از این پژوهش مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهرستان گلپایگان است. ابتدا ۳ گزینه مکانی پس از بررسی‌های میدانی از فروردین تا شهریورماه ۱۳۹۰ و تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار ARCGIS و همچنین به‌کارگیری استانداردها و معیارهای مهم در مکان‌یابی محل دفن زباله، پیشنهاد و سپس بهترین گزینه انتخاب شد. روش‌های علمی استفاده‌شده در این پژوهش، روش TOPSIS^۱ و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بوده که از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه هستند. برای اولویت‌بندی و وزن‌دهی به فعالیت‌های پروژه از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و از طریق واردکردن مقادیر ترجیحات به نرم‌افزار IDRISI اقدام شد. به روش AHP^۲ فعالیت‌های حمل‌ونقل مواد، پاک‌تراشی، خاکریزی و خاکبرداری، زهکشی، احداث راه و فعالیت تخریب ساختمان به ترتیب با وزن‌های ۰/۴۵، ۰/۲۲، ۰/۱۴، ۰/۰۹۰، ۰/۰۶۰ و ۰/۰۴۰، به‌منزله رتبه‌های اول تا ششم در فرایند مکان‌یابی محل دفن زباله معرفی شد. سپس با به‌کارگیری روش TOPSIS نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل در سه گزینه پیشنهادی بررسی شد که مقادیر آن برای گزینه‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۰/۲۵۹، ۰/۲۷۲ و ۰/۷۵۴ به دست آمد و گزینه سوم بهترین مکان جهت دفن زباله در شهرستان گلپایگان شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: دفن زباله، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، گلپایگان، مکان‌یابی، TOPSIS.

Email: mojan_11884@yahoo.com

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۳۸۴۴۷۰۹۸۹ - ۰۳۳۴۲۶۲۸۳۵۸

1. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2. Analytical Hierarchy Process

۱. مقدمه

۱.۱. هدف

هدف، کاربرد روش TOPSIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌منزله یک روش مناسب در مکان‌یابی محل دفن زباله است که در این پژوهش کاربرد این روش برای مطالعه موردی محل دفن زباله شهرستان گلپایگان آزمایش می‌شود.

رشد روزافزون جمعیت ایران به همراه ایجاد مراکز جمعیتی جدید، فقدان سیاست‌گذاری و ارزیابی عملکردها و فعالیت‌های گوناگون شهری براساس برنامه جامع و کلان ملی (آمایش سرزمین) از جمله عوامل بحران‌زایی است که محیط‌زیست طبیعی و کیفیت بهداشت و سلامتی انسان، به‌ویژه شهرنشینان را در معرض خطرها و زیان‌های گوناگونی قرار داده است (Abdoli, 2000). تولید روزافزون زباله و چگونگی دفع مناسب آن‌ها از چالش‌های محیط‌زیستی عمده جوامع انسانی است. این مشکل در مناطق شهری و پرجمعیت به‌علت کمبود زمین‌های مناسب جهت دفن زباله‌ها موجب شده است زمین‌های دفن در فواصل دور از شهر قرار گیرد و در نتیجه هزینه عملیات و نگهداری آن‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یابد. بنابراین، مکان‌یابی صحیح، رویکردی فعال جهت حداکثرکردن فرصت‌ها و منافع و اجتناب به‌موقع از پیامدهای نامطلوب است. به‌منظور جلوگیری از آلودگی‌های محیط‌زیستی نیاز به انتخاب مکان مناسب برای احداث مکان دفن زباله داریم (Takdastan, 2005). دفن پسماندها همواره به‌منزله یکی از مشکلات اولیه مسئولان خدمات شهری محسوب شده است. مخاطرات محیط‌زیستی و بهداشتی دفن پسماندها به‌دلیل ارتباط آن با زندگی بشر نیاز به کنترل و اعمال سیستم مدیریت ویژه‌ای دارد. در بین روش‌های معمول مدیریت مواد زائد دفن به لحاظ فنی، محیط‌زیستی و اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (EPA, 1998)^۱. دفن بهداشتی مواد زائد مقوله‌ای است که مراحل دقیقی مثل انتخاب مکان، آماده‌سازی آن و بهره‌برداری از محل دارد که هر کدام

نیاز به انجام مطالعات و اعمال مدیریت صحیح دارند. به‌طور کلی، یک محل دفن باید در مکانی استقرار یابد که از جهات گوناگون مثل محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی کمترین ضرر را به وجود آورد (Petts, 1994). مکان‌یابی مناسب محل دفن یا مکان‌یابی صحیح مؤثرترین و مهم‌ترین قدم برای ایجاد و توسعه یک برنامه رضایت‌بخش دفن است در صورت امکان محل دفن مواد زائد جامد شهری باید هنگام تهیه طرح جامع توسعه و عمران شهری تعیین و زمین آن خریداری شود (Rezaei et al., 2007). به‌جرت می‌توان گفت که مکان‌یابی صحیح می‌تواند نیمی از نگرانی‌های موجود در یک محل دفن را مرتفع سازد (Heydarzadeh, 2001).

فرایند مکان‌یابی معمولاً از مراحل مطالعاتی زیر تشکیل شده است (Samadi et al., 2007):
 فاز یک: غربالگری منطقه‌ای و جست‌وجوی مناطق؛
 فاز دو: آزمایش مناطق جست‌وجوشده و شناسایی مکان‌های منتخب؛
 فاز سه: ارزشیابی جزئیات مکان‌های پیشنهادی و انتخاب نهایی.

۲.۱. پیشینه پژوهش

در زمینه کاربرد تکنیک تاپسیس و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در اولویت‌بندی‌های برنامه‌ریزی، پژوهش‌های متعددی به شرح زیر انجام پذیرفته است: Siddiqui و همکاران در سال ۱۹۹۶ از تکنیک‌های GIS و فرایندهای تحلیل سلسله‌مراتبی برای انتخاب سایت مناسب جهت دفن زایدات خطرناک در سطح یک منطقه وسیع استفاده کرده‌اند (Siddiqui et al., 1996). Heydarzadeh (2001) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای شهر تهران را گزارش کرده است (Heydarzadeh, 2001). Farhoodi و همکاران (2005) به بررسی مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری شهر سنجندج با استفاده از منطق فازی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌اند (Farhoodi et al., 2005). Taherkhani (2007) برای اولویت‌بندی به استقرار صنایع تبدیلی کشاورزی در مناطق روستایی از

1. Environment Protection Agency

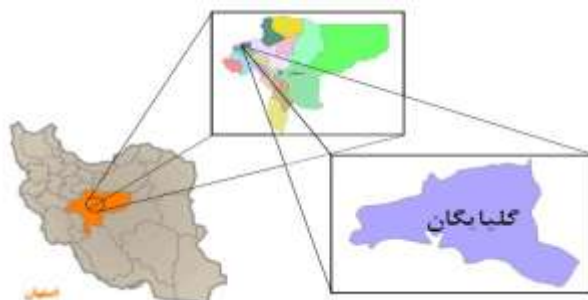
اراضی توسعه مسکن، مکان، مساحت و قطعات مورد نیاز اراضی مورد نظر را در شهر صالح‌آباد از شهرهای اقماری همدان مشخص کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مسیر توسعه فیزیکی شهر تمایل به تمرکزنداشتن در بافت میانی و بیشتر گرایش به توسعه در جهت شرق و دسترسی به جاده اصلی دارد (Mahdavi & Rahmani, 2011). Ghanavati و همکاران در سال ۲۰۱۱ با استفاده از روش تاپسیس گزینه‌های مناسب جهت دفن پسماند جامد شهر سبزوار را رتبه‌بندی و بهترین گزینه را انتخاب کردند (Ghanavati et al., 2011).

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

جهت اجرای مطالعه حاضر شهرستان گلپایگان واقع در استان اصفهان انتخاب شد. شهرستان گلپایگان با پهنه‌ای حدود ۳ هزار و ۳۶۰ هکتار، در استان اصفهان، در مسیر راه خمین- خوانسار، در ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۱۵ ثانیه شرقی و ارتفاع یک هزار و ۸۳۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان از سوی شمال به استان مرکزی، از خاور به شهرستان برخوار و میمه و از جنوب به شهرستان خوانسار محدود است. هوای گلپایگان معتدل و خشک است و بیشترین دما در تابستان‌ها ۳۷ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کمترین آن‌ها در زمستان‌ها ۱۰ درجه زیر صفر است. میانگین باران سالیانه گلپایگان ۳۰۰ میلی‌متر است. شهرستان گلپایگان از نواحی نیمه‌بیابانی است و به دلیل نزدیکی به کویر مرکزی، بارندگی آن کم است و زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم دارد. جمعیت این شهرستان در سال ۱۳۸۵ برابر با ۸۴۰۸۱ نفر بوده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان گلپایگان را نشان می‌دهد (Niknami & Hafezi Moghadas, 2010).

روش تاپسیس استفاده کرده است. Khorshiddost و Adeli (2008) برای شهر بناب با استفاده از تکنیک AHP و استفاده از نرم‌افزار GIS از بین ۹ مکان انتخابی، محل دفن زباله را تعیین کردند. تکنیک AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert choice اجرا شد که در آن هدف به‌منزله اصلی‌ترین شاخه تحلیل سلسله‌مراتبی و معیارها به‌منزله زیرشاخه هدف اصلی تعیین شدند. در این بررسی معیارها و زیرمعیارهایی از قبیل ژئومورفولوژی، محیط‌زیستی، هیدرواقلیم، کاربری اراضی، و وضعیت اقتصادی ملاحظه شده‌اند (Khorshiddost & Adeli, 2008). Niknami و Hafezi Moghadas (2010) به بررسی پهنه‌های مناسب برای دفن زباله شهرستان گلپایگان پرداختند. در پژوهش آن‌ها برای تهیه نقشه قابلیت استعداد منطقه ابتدا مناطق ممنوع حذف شده و با استفاده از ۱۰ لایه اطلاعاتی به روش نرخ‌دهی نقشه نهایی استعداد منطقه تهیه شد (Niknami & Hafezi Moghadas, 2010). همکاران (Moghadas, 2010) در پژوهشی با عنوان «کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل اولویت‌بندی توسعه پایدار مناطق شهری (مطالعه موردی: مناطق شهری اصفهان)»، با استفاده از ۲۱ شاخص به سطح‌بندی نواحی شهر اصفهان از نظر میزان پایداری پرداخته‌اند و نواحی را به سه سطح برخوردار، نیمه‌برخوردار و محروم دسته‌بندی کرده‌اند (Nastaran et al., 2010). Jozi و همکاران در پژوهشی با عنوان «تجزیه و تحلیل ریسک‌های فیزیکی سد بالارود خوزستان» در مرحله ساختمانی با استفاده از روش تاپسیس و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، عوامل خاکبرداری و خاکریزی، انفجار و حفاری را به ترتیب به‌منزله مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود، در فاز ساختمانی معرفی کردند (Jozi et al., 2010). Mahdavi و Rahmani در پژوهشی با تعیین معیارهای انتخاب اراضی مسکن با استفاده از روش تاپسیس به عنوان یکی از روش‌های چندمعیاره در مکان‌گزینی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان گلپایگان

واقع شده است و فاصله آن تا جاده دهنق و علویجه حدود ۳ کیلومتر است. این مکان در مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲ ثانیه شرقی واقع شده است.

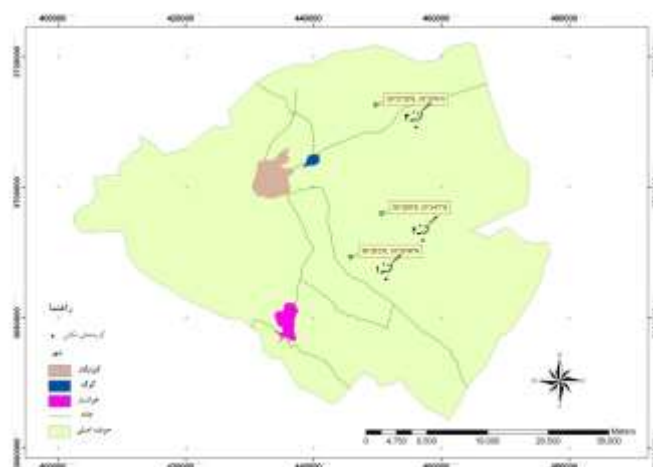
گزینه ۲: این گزینه انتخابی در فاصله ۲۵ کیلومتری شهرستان گلپایگان و ۲۳ کیلومتری گوگرد و ۳۷ کیلومتری گلشهر و در ۴۷ کیلومتری شهرستان خوانسار واقع شده است. این مکان در مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۴ دقیقه و ۷ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه و ۸ ثانیه شرقی واقع شده است.

گزینه ۳: این گزینه به لحاظ موقعیت مکانی در فاصله ۲۷ کیلومتری شهرستان گلپایگان و ۲۰ کیلومتری گوگرد و ۷ کیلومتری گلشهر و ۵۸ کیلومتری شهرستان خوانسار واقع شده است. این مکان در مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه و ۶ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۹ ثانیه شرقی واقع شده است.

۲.۲. تعیین محدوده منطقه مطالعاتی

یکی از مباحثی که در هر طرحی باید به آن توجه داشت مسئله محدود کردن آن است. اولین گام جهت انجام طرح، تعیین محدوده اجرای پروژه و بررسی مکان‌های منتخب بود. در این بررسی ۳ مکان براساس گردآوری اطلاعات و همچنین معیارها و استانداردهای غربالگری (به جدول ۱ مراجعه شود) و به کارگیری لایه‌های اطلاعاتی رقومی (شکل‌های ۳ تا ۱۳) و بررسی آن‌ها در محیط نرم‌افزار ARCGIS جهت دفن زباله پیشنهاد شد و با بررسی فعالیت‌های پروژه و همچنین با بهره‌گیری از روش مکان‌های پیشنهادی اولویت‌بندی شدند. این ۳ گزینه پیشنهادی که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند عبارت‌اند از:

گزینه ۱: این گزینه انتخابی در ۳۲ کیلومتری شهرستان گلپایگان و ۳۱ کیلومتری گوگرد و ۴۳ کیلومتری گلشهر و در ۴۵ کیلومتری شهرستان خوانسار



شکل ۲. گزینه‌های مکانی پیشنهادی جهت دفن زباله در شهرستان گلپایگان

منبع: بررسی پژوهشگر در نرم‌افزار ARCGIS

۲.۳. مراحل پژوهش

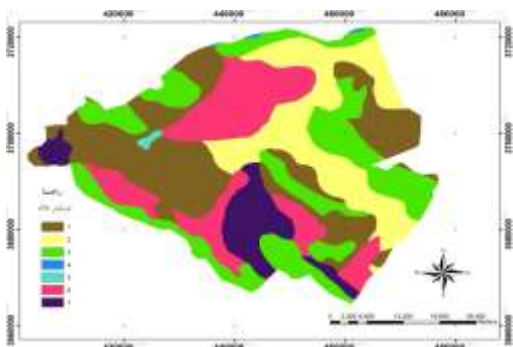
میراث فرهنگی، سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی و موقعیت صنایع و معادن منطقه، از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، مرکز تحقیقات کشاورزی، سازمان هواشناسی، اداره کل حفاظت محیط‌زیست صنایع و معادن، میراث فرهنگی و اداره کل امور آب استان تهیه شدند. همچنین جهت کسب اطلاعات تکمیلی و نیز حصول اطمینان از صحت آن‌ها در طول پژوهش به طور مستمر مشاهدات میدانی از منطقه صورت گرفت. لایه‌های اطلاعاتی مهم که جهت بررسی و تعیین گزینه‌ها به کار گرفته شده‌اند در شکل‌های ۳ تا ۱۳ نشان داده شده است.

۱. گردآوری اطلاعات: با توجه به اینکه برای مکان‌یابی بایستی پارامترهای متعددی را در نظر گرفت بنابراین، گستره منابع اطلاعاتی بسیار وسیع است. اطلاعات زمین‌شناسی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ و اطلاعات پراکنش شیب، موقعیت نقاط روستاهای مورد نظر، آبراهه‌ها، چاه‌های آب، راه‌های ارتباطی، خطوط انتقال نیرو در منطقه از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی استفاده شد. همچنین لایه‌های رقومی و اطلاعات غیررقومی کاربری اراضی، واحدهای اراضی و خاک، خطر زلزله‌خیزی، خطر آب‌گونی و میانگین بارش و دما، نمودار گلباد، مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست، اطلاعات باستان‌شناسی و

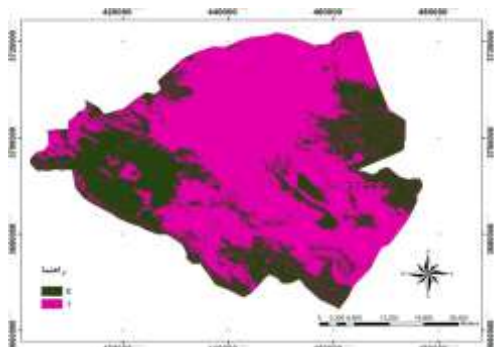
جدول ۱. عوامل محدودکننده استفاده‌شده در غربالگری

ردیف	عوامل	محدودیت‌ها	ردیف	عوامل و محدودیت‌ها
۱	سطح آب زیرزمینی	۹ متر	۱۴	محل دفن نباید در محدوده خاک‌های کلاس I و II واقع نگردد.
۲	فاصله محل دفن تا آثار باستانی	۳۰۰ متر	۱۵	حداقل فاصله از اراضی مهم از لحاظ اکولوژیکی (از نظر حیات‌وحش و گونه‌های در معرض خطر و انقراض) و تحت میریت محیط زیست ۱۵۰۰ متر
۳	فاصله از معادن	۱۰۰ متر	۱۶	حداقل فاصله از اراضی ناپایدار (اعم از فرونشستگی‌ها، زمین‌های رانشی، طاق‌های نمکی و معادن) ۱۰۰ متر
۴	فاصله از خطوط اصلی انتقال برق، گاز و نفت	۱۰۰ متر	۱۷	محل دفن باید خارج از اراضی کشاورزی، باغات، جنگل‌ها و مراتع نوع خوب باشد.
۵	فاصله از جاده‌های اصلی	۳۰۰ متر	۱۸	محل دفن خارج از مناطق با خطر آبیگونی قرار داشته باشد.
۶	فاصله از جاده‌های فرعی	۱۰۰ متر	۱۹	شیب محل دفن کمتر از ۴۰ درصد
۷	فاصله از فرودگاه	۸ کیلومتر	۲۰	محل دفن باید خارج از دشت‌های سیل‌گیر یا دوره بازگشت ۱۰۰ ساله باشد.
۸	فاصله از دریاچه و برکه، سدها و بندهای انحرافی	۳۰۰ متر	۲۱	محل دفن باید در خارج از محدوده تالاب‌ها قرار گیرد.
۹	فاصله از چاه‌های آب	۴۰۰ متر	۲۲	در جهت بادهای غالب قرار نداشته باشد.
۱۰	فاصله از رودخانه	۱۰۰ متر		
۱۱	حداقل فاصله از پارک‌های منطقه‌ای و طبیعی و تفریحگاه‌ها	۳۰۰ متر		
۱۲	فاصله از غسل‌ها	۱۰۰ متر		
۱۳	محل دفن باید خارج از مناطق زلزله‌خیز قرار داشته باشد	۳۰۰ متر		از شهرها حداقل ۲ تا ۳ کیلومتر و حداکثر ۲۰ کیلومتر (در صورت وجود چند ایستگاه انتقال تا ۴۰ کیلومتر) فاصله داشته باشد.

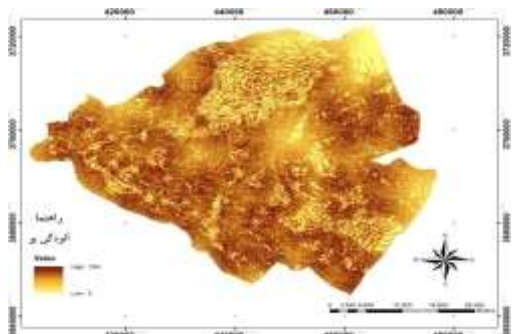
منبع: استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست



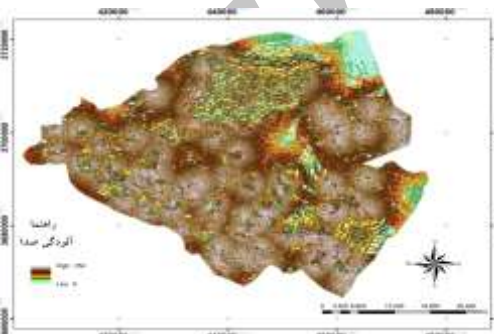
شکل ۴. نقشه فرسایش خاک (از ۱ به ۷ میزان فرسایش خاک افزایش می‌یابد).



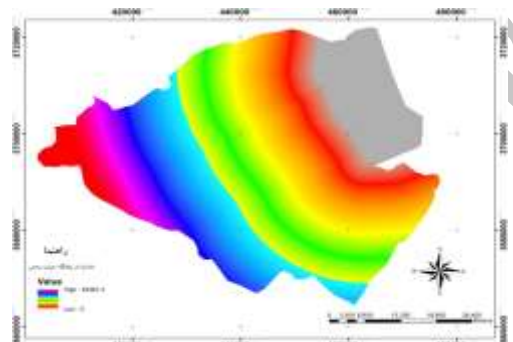
شکل ۳. نقشه میزان دید (۱ بیانگر مناطقی است که در معرض دید هستند و ۰ بیانگر مناطقی است که در معرض دید نیستند).



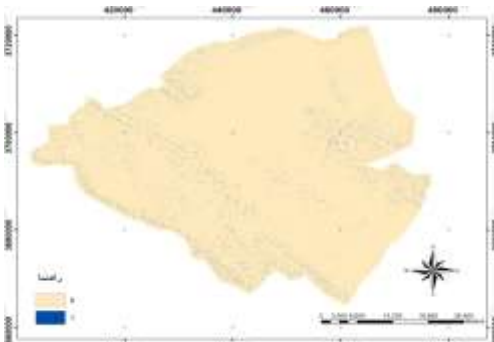
شکل ۶. نقشه آلودگی بو



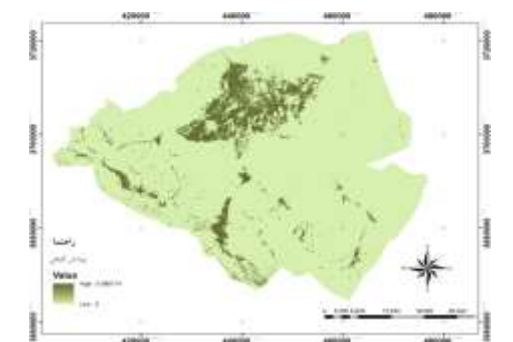
شکل ۵. نقشه میزان آلودگی صدا



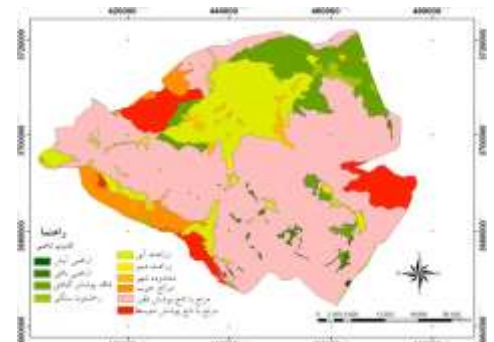
شکل ۸. نقشه فاصله از مناطق حفاظت‌شده (منطقه حفاظت‌شده موته)



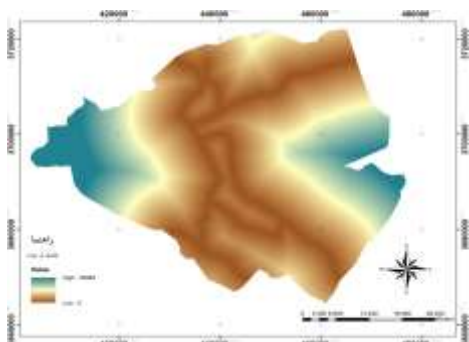
شکل ۷. نقشه زهکشی منطقه (عدد ۱ حضور شبکه‌های زهکش و عدد ۰ حضور نداشتن آن‌ها را نشان می‌دهد).



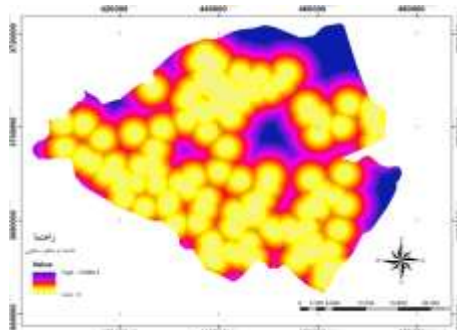
شکل ۱۰. نقشه تراکم پوشش گیاهی



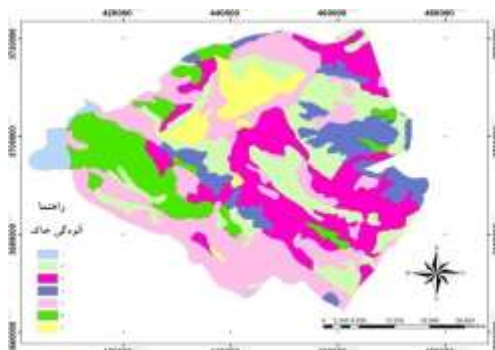
شکل ۹. نقشه کاربری زمین



شکل ۱۲. نقشه فاصله از راه



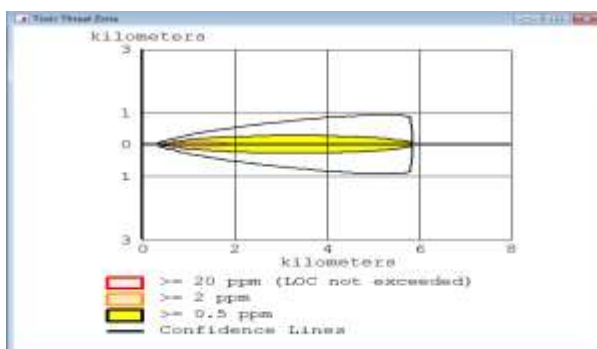
شکل ۱۱. نقشه فاصله از مناطق مسکونی



شکل ۱۳. نقشه آلودگی خاک (از ۱ به ۷ آلودگی خاک افزایش می‌یابد).

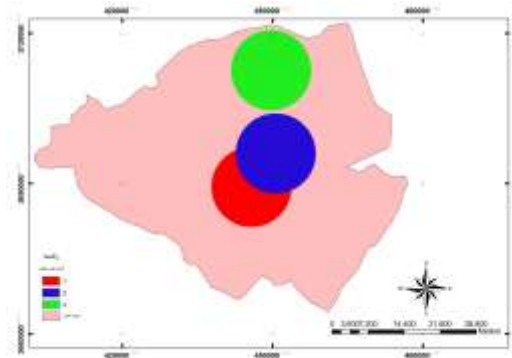
کیلومتر افزایش یافت. نرم‌افزار ALOHA توسط EPA برای مدلسازی حوادث ناشی از رهایی مواد سمی، منفجره و یا آتش و انفجار در پیامد آن‌ها عرضه شده است و بانک اطلاعاتی بسیار غنی (اطلاعات بیش از ۱۰۰۰ ماده شیمیایی) دارد. شکل ۱۴ مدلسازی پراکنش آلاینده‌ها در نرم‌افزار ALOHA را نشان می‌دهد و شکل ۱۵ مکان‌های پیشنهادی دفن را با در نظر گرفتن بافر ۸ کیلومتری نشان می‌دهد.

۳ گزینه مکانی پیشنهادی با در نظر گرفتن یک بافر ۸ کیلومتری بررسی شدند. برای تعیین این بافر ۸ کیلومتری از نرم‌افزار ALOHA استفاده شد و با وارد کردن اطلاعات خواسته شده در این نرم‌افزار (مانند موقعیت منطقه، نوع آلاینده‌های ایجاد شده، سرعت باد، جهت باد، ارتفاع از سطح زمین، دمای هوا، شرایط وارونگی دما در منطقه، میزان رطوبت منطقه و غیره) همان‌طور که در شکل ۱۴ نشان داده شده، محدوده انتشار آلودگی‌ها در حدود ۶ کیلومتر تعیین شد. اما جهت احتیاط بیشتر این بافر به ۸



شکل ۱۴. مدلسازی پراکنش آلاینده‌ها در نرم‌افزار ALOHA

منبع: مدلسازی صورت گرفته توسط پژوهشگر در نرم‌افزار ALOHA



شکل ۱۵. گزینه‌های پیشنهادی با در نظر گرفتن بافر ۸ کیلومتری

منبع: بررسی پژوهشگر در نرم‌افزار ARCGIS

۲. استاندارد کردن داده‌ها و تشکیل ماتریس استاندارد.

۳. تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها.

۴. تعیین فاصله i امین گزینه از گزینه ایده‌آل (بالاترین عملکرد هر شاخص).

۵. تعیین فاصله i امین آلترناتیو حداقل (پایین‌ترین عملکرد هر شاخص).

۶. تعیین معیار فاصله‌ای برای گزینه ایده‌آل (Si^*) و گزینه حداقل (Si^-).

۷. تعیین ضریبی که برابر است با فاصله گزینه حداقل (Si^-) تقسیم بر مجموع فاصله حداقل (Si^-) و فاصله گزینه ایده‌آل (Si^*) که آن را با (Ci^+) نشان می‌دهند.

۸. رتبه‌بندی گزینه براساس میزان (Ci^+): این میزان بین صفر و یک در نوسان است. (Ci^+) برابر با ۱ نشان‌دهنده بالاترین رتبه و (Ci^+) برابر با صفر نیز نشان‌دهنده کمترین رتبه است (Taherkhani, 2007).

در این پژوهش با استفاده از روش AHP و نظر کارشناسی به فعالیت‌های پروژه وزن اختصاص داده شد و با به کارگیری روش TOPSIS اقدام به اولویت‌بندی مناطق مناسب دفن زباله شد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از منوی GIS Analysis و گزینه WEIGHT-AHP weight derivation در نرم‌افزار IDRISI و همچنین استفاده از نظریات کارشناسان اقدام به وزن‌دهی به فعالیت‌های مهمی که طی پروژه وجود دارد، شد. لازم به ذکر است جهت مقایسه دو دویی معیارها (فعالیت‌های پروژه) ابتدا اقدام به نقشه‌سازی هر یک از فعالیت‌های پروژه و سپس معرفی نقشه‌ها به نرم‌افزار IDRISI جهت مقایسه آن‌ها شد.

۱.۳.۲. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی چارچوبی را ایجاد می‌کند که به کمک آن تصمیمات مناسب برای موضوعات پیچیده، با ساده کردن و هدایت مراحل تصمیم‌گیری اتخاذ می‌شود. در این روش یک وضعیت پیچیده به بخش‌های کوچک‌تر آن تجزیه می‌شود، سپس این اجزا در یک ساختار سلسله‌مراتبی قرار می‌گیرد (Dambatta *et al.*, 2009). این فرایند جهت مقایسه گزینه‌ها و معیارهای مختلف بسیار مناسب و به منزله یک ابزار در تحلیل‌های اجرایی شناخته شده است.

۲.۳.۲. فن انتخاب برترین پیشنهاد از راه حل ایده‌آل (TOPSIS)

TOPSIS یک روش تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه کردن به جواب ایده‌آل است. در این روش، گزینه انتخاب شده بایستی کوتاه‌ترین فاصله را از راه حل ایده‌آل و دورترین فاصله را از راه حل عکس ایده‌آل داشته باشد (Fathali & Mirjalali, 2009). روش TOPSIS به منزله یک تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه جبرانی بسیار قوی، برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه کردن به جواب ایده‌آل است که به تکنیک وزن‌دهی، حساسیت بسیار کمی داشته، پاسخ‌های حاصل از آن، تغییر عمیقی نمی‌کند. در این روش، گزینه انتخاب شده باید کوتاه‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از ناکارآمدترین جواب داشته باشد (Nastaran *et al.*, 2010).

مراحل انجام روش TOPSIS به شرح زیر است:

۱. تشکیل ماتریس داده‌ها براساس n شاخص و m

گزینه.

۳. نتایج

شد. برای شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای توسعه مذکور اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها بررسی و مناطق به دو دسته تقسیم شدند، مناطقی که برای اجرای صنایع مناسب هستند مانند اراضی با قابلیت کم برای کشاورزی و مناطق بدون استفاده و زمین‌هایی که مناسب نیستند مانند اراضی جنگلی متراکم و اراضی با قابلیت بالا برای کشاورزی. از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی و وزن‌دهی استفاده شد. بدین منظور پس از بررسی مهم‌ترین فعالیت‌های انجام‌شده طی پروژه در محیط نرم‌افزار IDRISI ماتریس مقایسه‌های زوجی با توجه به احتمال وقوع خطر و شدت اثر، برای هر یک از معیارها (فعالیت‌های پروژه) نسبت به یکدیگر تشکیل شد. در این مقایسه‌ها از قضاوت‌های شخصی تصمیم‌گیرندگان و نظرات کارشناسان استفاده شد (Ghodsipoor, 2006). روش کار به این ترتیب است که، به هر مقایسه دو دویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. معنای هر عدد در جدول ۲ مشخص شده است. چگونگی مقایسه دودویی معیارها در محیط نرم‌افزار IDRISI در شکل ۱۶ و وزن‌های محاسبه‌شده و نسبت توافق نیز در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

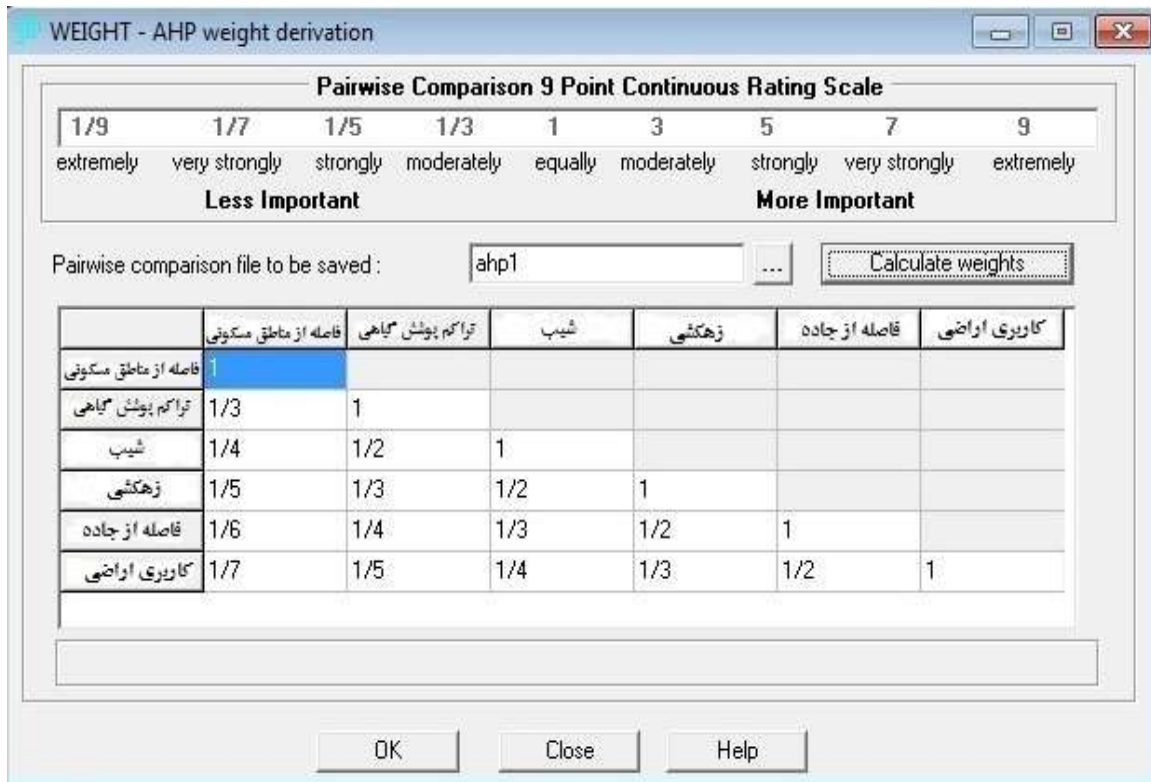
جدول ۲. مقایسه ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دو دویی معیارها

امتیاز (شدت اهمیت)	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در پژوهش، هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف اهمیت ۳ بیشتر از ۱ است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت ۵ خیلی بیشتر از ۱ است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت ۷ خیلی بیشتر از ۱ است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر نسبت به ۱ به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲ و ۴ و ۶ و ۸	-	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد.

منبع: (Bertolini & Braglia, 2006)

البته مقادیر مربوط به مقایسه دو به دو باید کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیری اختیاری در نظر گرفته نشوند. اما اولویت‌ها و سلايق افراد مختلف، متناقض و ناجور بوده و وابستگی این روش به آرای تحلیلگران ممکن است سبب آشفتگی و انحراف در محاسبات بشود. به همین دلیل، Saaty (1980) یک اندکس عددی منحصر‌فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه دو به دو مهیا کرد و نسبت CR

البته مقادیر مربوط به مقایسه دو به دو باید کاملاً به صورت کارشناسی شده تعیین شوند و مقادیری اختیاری در نظر گرفته نشوند. اما اولویت‌ها و سلايق افراد مختلف، متناقض و ناجور بوده و وابستگی این روش به آرای تحلیلگران ممکن است سبب آشفتگی و انحراف در محاسبات بشود. به همین دلیل، Saaty (1980) یک اندکس عددی منحصر‌فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه دو به دو مهیا کرد و نسبت CR



شکل ۱۶. مقایسه دودویی معیارها در نرم افزار IDRISI

منبع: بررسی پژوهشگر در نرم افزار IDRISI



شکل ۱۷. وزن دهی به روش AHP در نرم افزار IDRISI

منبع: بررسی پژوهشگر در نرم افزار IDRISI

سپس جمع معناداری اثرات مربوط به هر فعالیت پروژه $(\sqrt{\sum X_i})^2$ به دست آمد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. جمع معناداری اثرات مربوط به هر فعالیت پروژه

وزن	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۹۰	۰/۲۲	۰/۱۴
فعالیت‌های پروژه	حامل و نقل	فعالیت تخریب	احداث راه	زهکشی	پاکتراشی	خاکریزی و خاکبرداری
گزینه‌ها	مواد	ساختمان				
گزینه ۱	۶/۱۱	۵/۹۲	۵/۲۵	۴/۷۷	۵/۹۴	۵/۱۵
گزینه ۲	۵/۸۷	۵/۸۷	۴/۹۴	۴/۳۹	۵/۵۷	۵/۳۷
گزینه ۳	۵/۷۷	۵/۸۳	۵/۲۴	۴/۵۵	۴/۴۱	۴/۹۳
$2\sqrt{\sum X_i}$	۱۰/۲۵	۱۰/۱۷	۸/۹۱	۷/۹۱	۹/۲۵	۸/۹۲

منبع: محاسبات نگارنده

در گام بعد برای استانداردسازی هر عدد ستون به نتیجه بالا $(\sqrt{\sum X_i})^2$ تقسیم شده است (جدول ۴).

جدول ۴. استاندارد کردن داده‌ها

فعالیت‌های پروژه	حامل و نقل	فعالیت تخریب	احداث راه	زهکشی	پاکتراشی	خاکریزی و خاکبرداری
گزینه‌ها	مواد	ساختمان				
گزینه ۱	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۸۹	۰/۶۰	۰/۶۴	۰/۵۷
گزینه ۲	۰/۵۷	۰/۵۷۷	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۰
گزینه ۳	۰/۵۶	۰/۵۷۳	۰/۵۸۸	۰/۵۷	۰/۴۷	۰/۵۵

منبع: محاسبات نگارنده

سپس نتایج حاصل از جدول بالا در وزن مربوط به هر فعالیت پروژه ضرب گردیده است و نتیجه حاصل شده (V_{ij}) در جدول ۵ آورده شده است:

جدول ۵. نتایج حاصل از ضرب داده‌های استاندارد در وزن مربوط به هر داده

وزن	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۹۰	۰/۲۲	۰/۱۴
فعالیت‌های پروژه	حامل و نقل	فعالیت تخریب	احداث راه	زهکشی	پاکتراشی	خاکریزی و خاکبرداری
گزینه‌ها	مواد (V_{ij})	ساختمان (V_{ij})	(V_{ij})	(V_{ij})	(V_{ij})	(V_{ij})
گزینه ۱	۰/۲۶۵۵	۰/۰۲۳۲	۰/۰۳۵۳	۰/۰۵۴	۰/۱۴	۰/۰۷۹
گزینه ۲	۰/۲۵۶۵	۰/۰۲۳۰	۰/۰۳۳	۰/۰۴۹	۰/۱۳	۰/۰۸۴
گزینه ۳	۰/۲۵۲	۰/۰۲۲۹	۰/۰۳۵۲	۰/۰۵۱	۰/۱۰	۰/۰۷۷

منبع: محاسبات نگارنده

$$(V_j^*) = \{0.077, 0.1, 0.049, 0.033, 0.033, 0.0232, 0.2655\}$$

$$(V_j^-) = \{0.084, 0.14, 0.054, 0.0353, 0.0229, 0.252, 0.077\}$$

محاسبه می‌شود که در جدول ۶ نشان داده شده است:

$$S_i^* = \sqrt{[\sum (V_{ij} - V_j^*)^2]}$$

تفاوت از راه حل ایده‌آل (S_i^*) به شکل زیر

جدول ۶. محاسبه تفاوت از راه حل ایده آل

فعالیت‌های پروژه	حامل و نقل مواد	فعالیت تخریب ساختمان	احداث راه	زهکشی	پاکتراشی	خاکریزی و خاکبرداری	Si*
گزینه ۱	۰	۰	۰/۰۰۰۰۰۵۲۹	۰/۰۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۴۰
گزینه ۲	۰/۰۰۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴	۰	۰	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۴۹	۰/۰۳۲
گزینه ۳	۰/۰۰۰۰۱۸۲۲۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۴۸۴	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰	۰	۰/۰۱۳

منبع: محاسبات نگارنده

تفاوت از راه حل عکس ایده آل (Si⁻) نیز به شکل زیر محاسبه می‌شود که در جدول ۷ نشان داده شده است:

$$Si^- = \sqrt{[\sum (V_{ij} - V_j)^2]}$$

جدول ۷. محاسبه تفاوت از راه حل عکس ایده آل

فعالیت‌های پروژه	حامل و نقل مواد	فعالیت تخریب ساختمان	احداث راه	زهکشی	پاکتراشی	خاکریزی و خاکبرداری	Si ⁻
گزینه ۱	۰/۰۰۰۰۱۸۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹	۰	۰/۰۰۰۰۰۲۵	۰	۰	۰/۰۱۴
گزینه ۲	۰/۰۰۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰	۰/۰۰۰۰۰۵۲۹	۰/۰۰۰۰۰۲۵	۰/۰۱۲
گزینه ۳	۰	۰	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۴۹	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۴۰

منبع: محاسبات نگارنده

در گام آخر نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل (Ci*) نتایج حاصل از گام آخر در جدول ۸ نشان داده شده است مطابق با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Ci^* = Si^- / (Si^* + Si^-)$$

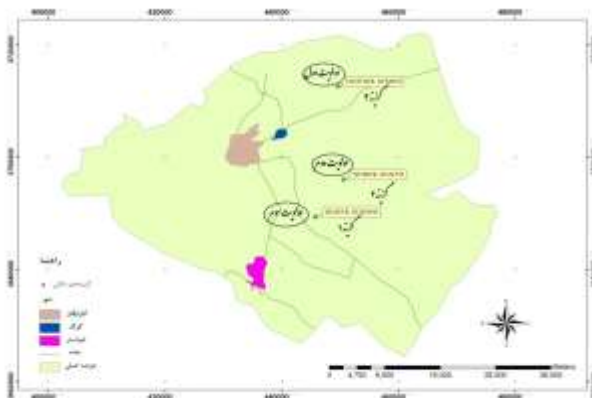
جدول ۸. محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل در ۳ گزینه مکانی پیشنهادی

گزینه‌ها	Ci*
گزینه ۱	۰/۲۵۹
گزینه ۲	۰/۲۷۲
گزینه ۳	۰/۷۵۴

منبع: محاسبات نگارنده

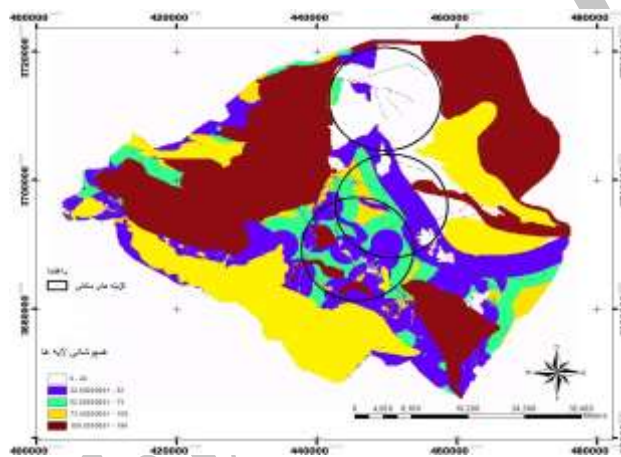
وزن‌های به‌دست‌آمده، نقشه‌های وزن‌دار شده معیارها با استفاده از ابزار تحلیل‌های فضایی (spatial analyst) و با دستور (raster calculator) ترکیب‌شده و نقشه محدوده‌های مناسب به دست آمد که در شکل ۱۹ نشان داده شده است. براساس این نقشه محدوده‌های سفیدرنگ بالاترین اولویت را جهت استقرار مکان دفن زباله نمایش می‌دهند. با حرکت به سمت محدوده‌هایی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند از کیفیت مکان جهت احداث مکان دفن زباله کاسته می‌شود.

در نهایت گزینه‌ای که نزدیک‌ترین فاصله را از راه حل ایده‌آل و دورترین فاصله را از راه حل عکس ایده‌آل دارد، به‌منزله بهترین گزینه انتخاب می‌شود. بنابراین، مطابق شکل اولویت‌بندی به این شکل است که گزینه سوم، اولویت اول، گزینه دوم، اولویت دوم و گزینه اول، اولویت سوم را به خود اختصاص می‌دهد. شکل ۱۸ اولویت‌بندی گزینه‌های مکانی پیشنهادی را در شهرستان گلپایگان نشان می‌دهد. در این پژوهش پس از ضرب نقشه‌های خام در



شکل ۱۸. اولویت‌بندی گزینه‌های مکانی پیشنهادی

منبع: بررسی پژوهشگر در نرم‌افزار ARCGIS



شکل ۱۹. محدوده‌های مناسب جهت مکان دفن زباله

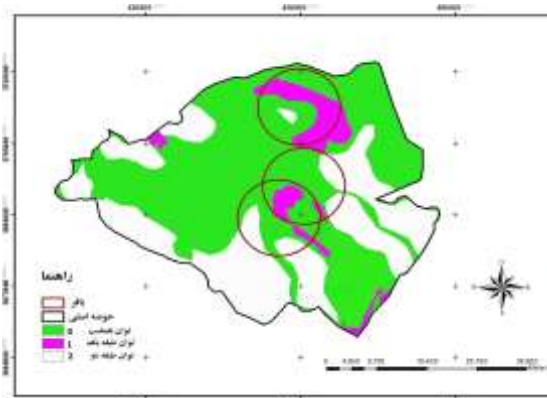
نتایج حاصل از این بررسی با نتیجه روش TOPSIS همخوانی دارد. مکان‌یابی به روش مقایسه‌توان و استفاده یا روی هم‌گذاری نیز یکی از روش‌های شناخته‌شده است. روی هم‌گذاری نقشه‌ها به شکل سامان‌مند به خودی خود می‌تواند به صورت روشی برای ارزیابی در قالب رویکرد سیستمی استفاده شود روش روی هم‌گذاری قادر به مکان‌یابی و نشان‌دادن محدوده اثرات مثبت و منفی و سطح سرزمین متعارض با توسعه مورد نظر است (Makhdoum, 1999). در این پژوهش برای اطمینان از نتایج حاصل نقشه‌نهایی روی هم‌گذاری شده که در واقع توان اکولوژیک منطقه است، تهیه شد که در شکل ۲۰ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی توان در سه گزینه بررسی شده، ۱۷ درصد از گزینه پیشنهادی اول با توجه به مدل اکولوژیکی، جهت کاربری صنعتی توان طبقه

۴. بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، انتخاب مکان مناسب برای محل دفن زباله و کارخانجات کمپوست یکی از وظایف مهم در برنامه مدیریت مواد زائد در جوامع در حال توسعه است (Tchobanoglous, 1993). این پژوهش با هدف انتخاب بهترین مکان جهت دفن زباله شهرستان گلپایگان با روش TOPSIS به انجام رسید. نتایج به دست آمده از روش TOPSIS نشان می‌دهد که گزینه ۳ می‌تواند به منزله گزینه انتخابی جهت احداث محل دفن زباله مطرح شود، در بررسی‌های میدانی و همچنین بررسی نقشه‌های مختلف از منطقه مطالعه شده دریافتیم که عمق آب‌های زیرزمینی در گزینه ۳ از بقیه گزینه‌ها پایین‌تر و منابع مهم آب‌های سطحی نیز در گزینه ۳ از بقیه گزینه‌ها کمتر است که

طبقه یک و ۳ درصد آن توان طبقه دو دارد. با توجه به نتایج حاصل از روش روی هم گذاری، گزینه سوم با ۳۶ درصد توان طبقه یک به نسبت سایر گزینه ها توان بیشتری جهت استقرار محل دفن زباله دارد که با نتایج حاصل از روش TOPSIS همخوانی دارد.

یک (مناسب ترین) دارد و ۲۲ درصد نیز توان طبقه دو (مناسب) دارد. در گزینه پیشنهادی دوم نیز از کل مساحت منطقه ۱۳ درصد منطقه توان طبقه یک و ۱۶ درصد آن توان طبقه دو دارد. همچنین، ۳۶ درصد از گزینه پیشنهادی سوم جهت کاربری صنعتی توان



شکل ۲۰. توان اکولوژیکی منطقه مطالعاتی برای کاربری صنعتی

هستند. این گونه تکنیک ها، اغلب نسبت به زمانی که فقط یک تصمیم گیرنده وجود دارد، ترجیح داده می شوند و از آنجا که تصمیمات اتخاذ شده بر همه جامعه اثرگذار بوده، مناسب تر است که تصمیم گیری نهایی با مشارکت کارشناسان از نواحی مختلف، به شکل تیم مطالعاتی، اتخاذ شود. همچنین، استفاده از مدل های ریاضی قابل ترکیب با روش استفاده شده در پژوهش، می تواند روش پیشنهادی در پژوهش را ارتقا بخشد و یکی از راه حل ها در پژوهش های آینده باشد (Jozi et al., 2010).

همچنین نتیجه پژوهش نیکنامی و حافظی مقدس (Niknami & Hafezi Moghadas, 2010) که به روش نرخ دهی نقشه نهایی، پهنه شمال شرقی شهرستان گلپایگان را به منزله بهترین پهنه جهت دفن زباله برگزیدند با نتایج این پژوهش مشابه است. روش TOPSIS به دلیل ماهیت مقایسه توأم دو فاصله از گزینه ایده آل و گزینه ایده آل منفی، روش مناسبی برای اولویت بندی گزینه ها محسوب می شود. تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره از جمله TOPSIS و AHP، ضمن امتیازدهی به معیارها، روش هایی برای کمی سازی ذهنی و قضاوت های عینی

REFERENES

1. Abdoli, M., 2000. Municipal solid waste management. Center of Ministry of Urban Studies and Planning publication, Tehran, 166 pp. (in Persian).
2. Bertolini, M., Braglia, M., 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, pp. 4-5.
3. Dambatta, A.B., Farmani, R., Javadi, A., Evans, B.M., 2009. The Analytical Hierarchy Process for Contaminated Land Management. *Advanced Engineering Information* 23, 433-441.
4. EPA., 1998. Land Disposal of Hazardous Waste Proceeding of the Eleventh Annual Research Symposium.
5. Farhoodi, R., Habibi, K., Zand Bakhtiari, P., 2005. Landfill sitting for solid waste municipal by fuzzy logic in geography data bases: case study of Sanandaj. *Beautiful Arts* 23, 15-24 (in Persian).
6. Fathali, J., Mirjalali, F., 2009. Site selection of airport in Semnan province using TOPSIS. *Bulletin of transportation* 4, 1-10. (in Persian).

7. Ghodsipoor, S.H., 2006. Analytical Hierarchy Process, Amirkabir University Press, Tehran, 230 pp. (in Persian).
8. Ghanavati, E., Taghavi, E., Masahi, M., 2011. Application of MCDM for site selection of urban landfill (Case study: Sabzevar city). *Journal of arid regions geographical studies* 5, 89-108.
9. eydarzadeh, N., 2001. Site selection of landfill using GIS in Tehran. M. SC. Thesis. Department of Civil engineering (environmental engineering), Tarbiat Modares University, Tehran. 120 pp. (in Persian).
10. Jozi, S.A., Hosseini, S.M., Khayatzaheh, A., Tabibshushtari, M., 2010. Analyses of physical risks in Khozestan dam using Multi Criteria Decision Method (MCDM). *Journal of Environmental Studies* 36, 25-38. (in Persian).
11. Khorshiddoost, A., Adeli, Z., 2009. Using AHP for site selection of landfill (Case study: Banab city). *Journal of Environmental Studies* 50, 27-32.
12. Mahdavi, M., Rahmani, M., 2011. Analysis of site selection for housing land in cities using TOPSIS (Case Study: Saleh Abad city in Hamadan province). *Journal of environment planning* 4, 14-29. (in Persian).
13. Makhdoum, M., 1999. Spatial Planning. Tehran, University of Tehran publishing. (in Persian).
14. Nastaran, M., Abolhasani, F., Izadi, M., 2010. Application of TOPSIS Technique in determination of preference of sustainable development in urban regions. *Journal of Geography and environment planning* 21, 83-100.
15. Niknami, M., Hafezi Moghadas, N., 2010. Site selection of landfill in Golpayegan city using GIS. *Journal of practical geology* 6, 57-66. (in Persian).
16. Petts, J., 1994. Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities. Jhon Wiley & Sons, England, 253 pp.
17. Rezaei, A., Dehzad, B., Omrani, GH.A., Hashempour, Y., Fakhimahmadi, H., 2007. Studies of site selection and management of solid waste disposal in Hashtgerd city, *The 10th National Congress on Environmental Health*, Hamedan, Iran, P9. (in Persian).
18. Saaty, TL., 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, NEW York.
19. Samadi, T., Mortazavi, S.M., Mohammadtaheri, A., Fatehi, A., Binavapour, M., Zarei, T., Mohammadi, Z., 2007. Site selection of landfill using GIS (Case Study: Razan township), *The 10th National Congress on Environmental Health*, Hamedan, Iran, P10. (in Persian).
20. Siddiqui M, Everett J, Vieux B (1996) Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. *Journal of Environmental Engineering* 122 (6):515-523.
21. Taherkhani, M., 2007. Application of TOPSIS Technique in determination of preference for establishment of agriculture industries in rural regions. *Journal of economical research* 6, 28-37.
22. Takdastan, A., 2005. Manual and standards of physical, chemical and biological of compost, *The 8th National Congress On Environmental Health*, Tehran University of Medical Sciences, Iran, P8. (in Persian).
23. Tchobanoglous, G., 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, New York, USA, 173 pp.